# المشكلة والطريقة

الدكتور ياسين خليل

استاذ المنطق وفلسفة العلوم
كلية الآداب ـ جامعة بغداد

(١)

يمثل السؤال الصحيح الذي يطرحه الباحث على نفسه او على الطبيعة نصف الطريق الموصل الى الحل الصحيح بعد استخدام منهج موضوعي وعلمي رصين ، فكثيراً من الجهود تذهب سدى لمجرد ان طرح السؤال لايؤدي الى الهدف المنشود . والعالم المتدرب في علمه تعلم من خلال خبرته الطويلة في البحث العلمي ان صياغة السؤال بعد اختياره من عدد كبير من الاسئلة هو جوهر القضية ، وان ما يعقب السؤال هو مجموعة الاجراءات التي يطبقها وصولاً للحل الصحيح .

فالسؤال عن العلاقة بين الاجرام السماوية والشمس في منظومتنا الشمسية ، وكيفية دوران الكواكب ، والقوة التي تعمل على استمرار حركة الكواكب في أفلاك بيضوية ، وتعاقب الليل والنهار على الكرة الارضية . وتعاقب الفصول الاربعة سنوياً ، وسقوط الاجسام المقذوفة الى الاعلى بعد حين الى الارض ، وتناوب المد والجزر في البحار ، وسرعة الضوء والصوت ، وانتقال الحرارة وغير ذلك من الاسئلة التي وفرت للعلم الطبيعي اجابات صحيحة بعد استخدام الطريقة العلمية وخطواتها في التجربة والملاحظة ، والانتقال من الكيف الى الكم بايجاد وحدات قياسية معينة ، وكيفية طرح الفرضية Hypothesis واختبارها من اجل التثبت منها او تضنيدها ، وصياغة القوانين العلمية والنظريات .

(٢)

وبناءً على ذلك نود في بادىء الامر وقبل دراسة « طبيعة المشكلة » ان نعين نوع المشكلات التي سنوليها اهتمامنا في هذا البحث ، فليست المشكلات التي نهتم بها هي تلك التي تصادفنا في الحياة اليومية سواء كانت نفسية او اقتصادية او اجتماعية او سياسية ، بل هي مشكلات ترتبط جوهرياً بالمعرفة العلمية ، وبخاصـــة بالعلوم الطبيعيـــة وعلى رأسهـــا علم الفيزياء ، والعلوم البرهانيـــة Demonstrative Sciences وعلى رأسها علم الرياضيات.ولابد من الاشارة هنا الى الاختلاف الجوهري بين المشكلة والاسئلة الفيزياوية ، والمشكلة والاسئلة الرياضية ، اذ ترتبط الاولى بظواهر العالم المادي الخارجي سواء كانت ذات علاقة بالعالم الصغير ، بينما ترتبط الثانية بالفكر المجرد وطروحاته ذات العلاقة بانواع التراكيب والابنية والامكانيات في ايجاد الصيغ الضرورية التي يتوفر فيها الصدق من دون حاجة الى الحواس والتجربة والملاحظة .

(٣)

نقصد بالعالم الكبير (١) جميع الموجودات المادية او الطبيعية ومايرافقها من ظواهر مثل الحركة والسكون والجذب والقوة والكتلة اثناء حركتها على خط مستقيم او على هيئة خط منحني او دائري في القبة السماوية او على الارض ، علماً بان هذه الموجودات وظواهرها تخضع للمراقبة الحسية من قبل المراقب او المشاهد الذي هو الانسان سواء كانت هذه المراقبة بالعين المجردة او بمساعدة الاجهزة العلمية .

ونقصد بالكون الصغير (٢) جميـــع الجسيمات الصغيرة Particles في عالم الذرة وما يرافقها من ظواهر فيزياوية مثل حركة الالكترونات وانتقالها من مستوى معين من الذرة الى مستوى آخر ، وظواهر الاشعاع ، والحرارة ، والطاقة بصورةعامة ، والسرعة الذرية العالية وغير ذلك ، علماً بان هذه الجسيمات

وظواهرها لاتخضع للمراقبة الحسية المباشرة من قبل الانسان ، بل لابد من اجهزة علمية عالية التقنية لرصدها وتسجيلها .

(٤)

اما المشكلة الرياضية فانها كما قلنا ترتبط بالفكر المجرد على اساس ان جميع قضايا الرياضيات البحتة تحليليـــة (٣) Analytic ليست مشتقة من عـــالم الموجودات الحسيـــة او التجـــربة ، وليس لها علاقـــة استقرائيـــة Inductive Relation بالحالات الطبيعية وانتظام الظواهر في الطبيعة . وليس المقصود بالفكر المجرد هنا فعالية الفكر البشري في التجريد Abstraction ، تجريد الموجودات من الصفات المشتركة وتعميمها ، بل المقصود الفكر النظري وما ينطوي عليه من مفاهيم ومبادئ ونتائج منطقية متلازمة ، بحيث لاتكون هناك حاجة مطلقاً الى النظر خارج حدود هذا الفكر . ولكن ذلك لايعني مطلقاً بان ليس للرياضيات البحتة من تطبيقات علمية في عالم الواقع ، فعلى الرغم من التمييز الواضح بين الرياضيات البحتة والرياضيات التطبيقية (٤) ، الا ان للرياضيات البحتة خاصية تطبيقية بعد اعطاء تفسيرات لرموزها ، وهي تفسيرات وصفية ، فكثيراً من فروع الرياضيات البحتة اصبحت بهذه الخاصية جزءً لايتجزأ من الرياضيات الفزياوية ، فالهندسات اللااقليدية والجبر غير التبديلي امثله واضحة على امكانية الافادة من الرياضيات البحتة في علم الفزياء . ولكن يجب ان نعلم ان تحول قضايا الرياضيات البحتة الى قضايا فيزياوية يفقدها الصدق المطلق او الدائم ويصبح شأنها في ذلك شأن قضايا الفيزياء احتمالية وليست صادقة دائماً (٥) .

(٥)

وتتجلى الخطوة الثانية في طرح السؤال الآتي : — ماهي طبيعة المشكلة الفيزياوية ؟ وما هي طبيعة المشكلة الرياضية ؟

اعتمد علم الفيزياء عند اليونان على الملاحظات وبعض التجارب الحياتية فكان ان ظهرت امستنتاجات عديدة حول كثير من المسائل المتعلقة بالقوة والحركة

والزمان والمكان والسرعة والجذب والدفع اضافة الى بعص المبادئ المتعلقة بسقوط الاجسام ودورانها وكونها وفسادها وغير ذلك . الا ان الخطوة الكبيرة التي تحققت بعد ذلك كانت بفضل العلماء العرب امثال الحسن بن الهيثم ( ٩٦٥ – ١٠٣٨ م ) ، وأبي بكر محمد بن زكريا الرازي (٨٥٤ – ٩٣٢ م) وأبي الريحان البيروني (٩٧٣ – ١٠٤٨ م )، وعبدالرحمن الخازني ( ت–١١٥٥) وغيرهم ، حيث اعتمد البحث العلمي عندهم على الملاحظة والتجربة المختبرية والتثبت من الفرضيات وصياغة القوانين والمبادئ العلمية . ونسطيع ان نقول بثقة تامة يدعمها الدليل العلمي بان العلماء العرب هم اصحاب الفضل الاول والاخير في صياغة النهج الاستقرائي وبناء الاجهزة العلمية وتحقيق الطريقة العلمية القائمة على موضوعية الاستقصاء والاهتمام بالانتظامات الطبيعية من الظواهر وترجمة صفاتها الكيفية الى درجات قياسية كمية ، واستخدام الرياضيات في تحويل النتائج التجربية لاجراء الاشتقاقات او الاستنتاجات العلمية الصحيحة حيث استخدمت الهندسة المستوية وحساب الجبر والمثلثات وعلم الحساب في العلوم التجريبية (٦) .

لقد تطور علم الفيزياء في القرون الثلاثة الاخيرة تطوراً واسعاً وسريعاً بفضل الطريقة التجريبية او المختبرية ، وترجمة نتائج الابحاث الى لغة رياضية دقيقة ، وبذلك تحقق الارتباط في علم الفيزياء بين الرياضة التطبيقية وظواهر العالم الخارجي ، ففي الرياضة التطبيقية يتوفر الاشتقاق Derivation والاستدلال Deduction ، فنحصل بفضلها على قوانين طبيعية وقضايا مشتقة ، في حين تعمل التجربة والملاحظة على تزويد الباحث بالنتائج من جهة التثبت من صدق او كذب القوانين من جهة اخرى . وبناءً على ذلك تكون طبيعة المشكلة الفيزياوية مختلفه تبعاً لوقوعها في مجال التجربة والملاحظة ، او في مجال الرياضة التطبيقية .

تعتمد التجربة المختبرية على جهاز او اجهزة معينة ، كما تستلهم من الباحث

التوجيه وفق ما تمليه عليه معرفته العلمية ، وما يجب عمله من اجل عزل الظاهرة المراد دراستها وحصرها تحت ظروف معينة ، منها ما يجب استبعاده لكي لايؤثر على النتيجة ، ومنها ما هو ضروري في تأثيره على التجربة ونتائجها .

ولكن ذلك لايعني مطلقاً ان علم الفيزياء يعتمد كلياً على التجربة والملاحظة ، فمن المعروف ان بداية تطور هذا العلم قد شهدت نزوعاً قوياً نحو اقامة التجارب لاكتشاف القوانين التجريبية ، الا ان هذا النزوع اخذ بالتناقص عندما بدأ العلماء المهتمون بالبناء النظري للعلم بدراسة علاقات القوانين بعضها ببعض من اجل توحيدها في اطار نظرية قائمة على مجموعة قليلة من المبادئ ، فكانت التجارب مجرد عوامل تؤشر الاتجاه الصائب في صياغة المبادئ والتثبت منها بعد اجراء اشتقاقات طويلة تؤدي في نهاية الامر الى استنتاج قضايا او قوانين لها صلة بظواهر العالم الخارجي (٧) .

(٧)

ترتبط طبيعة المشكلة الفزياوية في مجال التجربة والملاحظة بالكشف العلمي Scientific Discovery للقوانين التجريبية ، فما المقصود بالكشف العلمي ؟ .

يعتقد العلماء بان ظواهر الطبيعة والكون ليست عشوائية ، وانه من الخطأ الاعتقاد بان الحوادث تظهر الى الوجود كيفما اتفق ، وانه لايمكن بأي حال من الاحوال اكتشاف القوانين الطبيعية اذا كانت الظواهر والحوادث لاتجري بانتظام .

يوجد اعتقاد راسخ لدى العلماء بان الطبيعة منتظمة ، وان من شروط الكشف العلمي هو ادراك مجموعة الانتظامات Uniformities في الطبيعة وصياغتها في قوانين علمية . وبناءً على ذلك تكون المشكلة في هذا المجال متعلقة بكيفية اكتشاف القوانين العلمية . وان اهمية التجربة العلمية الخلاقة تكمن في امكانية اكتشاف العلاقات الضرورية في الطبيعة للظاهرة قيد البحث والتجربة ، وادراك الانتظام المتحقق في هذه العلاقات ، بحيث ان النتيجة او النتائج تبقى

ثابتة مهما تكررت التجارب بنفس الظروف . ولا بد من القول هنا ان البحث العلمي يصبح عقيماً اذا استهدف دراسة الظواهر الفردية التي تقع مرة واحدة او عدة مرات لانه من المستحيل صياغة قانون لكل ظاهرة ، والصحيح هو ان يعبر القانون العلمي عن مجموعة ( قد تكون متناهية او لا متناهية ) من الحالات ، فيكون عندئذٍ صيغة مختصرة عن انتظامات كثيرة في الكون معروفة او غير معروفة لم يتم تسجيلها بعد ، ولكنها تندرج تحت صيغة القانون ، فيتحول التنبؤ بحدوثها مجرد استنتاج من القانون بوقوع الحادثة او الظاهرة في المستقبل .

(٨)

ان اكتشاف القوانين العلمية ليس مجرد عملية ميكانيكية، بحيث يمكن لأي باحث يحقق الاكتشاف لمجرد انه امتلك الوسائل الضرورية من معرفة بالتجارب والرياضيات وما يشتق منها ، وإلا لأصبح العمل العلمي الخلاق متاحاً لكل الناس لمجرد انهم تعلموا الطريقة العلمية في البحث وامتلكوا المعرفة النظرية اللازمة . والحقيقة أن الاكتشاف يعتمد اساساً على الدربة والبصيرة او الالهام بالاضافة الى مجموعة من القناعات الذاتية والموضوعية ، وتعمل المعرفة العلمية النظرية عملها في توجيه الباحث وتأثير الطريق الذي يسلكه نحو الهدف ونقصد بالبصيرة Insight ادراكاً عقلياً مباشراً أشبه ما يكون بالالهام الـــذي يجعل الباحث في موقف الاختيار الصحيح لحل المسألة قيد الدراسة دونما حاجة الى مقدمات منطقية منهجية ثابتة ، اللهم الا مجموعة المعارف التي اختزنتها ذاكرته مدة دربته ، ومفروضات القضية التي هو بصدد ايجاد حل لها وما يطلب منه وفقاً لما يحيط بالقضية من اسئلة وشروط علمية .

ان الاخطاء التي ارتكبت باسم المعرفة العلمية والكشف العلمي كثيرة روجتها فلسفات وايديولوجيات بين النـــاس . فكان ان اعتقد كثير من الناس بان القوانين العلمية ليست الا ترجمة لما تدركه الحواس والعقل على اساس ان المعرفة العلمية لاتمثل غير انعكاس موضوعي للواقع المادي ، وكأن العقـــل الانساني

مرآة لما يحدث في الطبيعة من ظواهر وحوادث . ولكن الحقيقة غير ذلك ، اذ ان القوانين العلمية تمثل بحق مثابرة العقل الانساني على فهم الطبيعة من خلال الامكانات المتاحة للانسان وحدود ادراكه الحسي والعقلي ، فهي ( القوانين الطبيعية ) ليست الا مجرد صيغ رياضية ابتدعها الانسان لترجمة العلاقة القائمة بينه وبين الطبيعة ، وهذا هو ما يفسر لنا التغير المستمر في النظريات العلمية وتعديل القوانين كلما توسعت مدارك الانسان وحاز على معرفة اكثر تقدماً ، وعلى اجهزة علمية متطورة ، واساليب رياضية ومنطقية جديدة (٨) ؟

(٩)

والقناعات التي تولدت في ذات العالم جراء اشتغاله بالعلم ساعدته كثيراً على مواصلة البحث والمثابرة المستمرة ، وذلك على اساس ان هذه القناعات تؤدي الى اكتشاف الحقائق العلمية وتسخير المعرفة لاغراض عملية ، لان اكتشاف الحقيقة يعبر عن لذة عقلية وسرور داخلي وجمالية كونية ، كما ان تسخير المعرفة في الحياة اليومية معناه امتلاك الوسائل المؤدية الى امتلاك القوة والسيطرة على الطبيعة . ويمكننا اجمال هذه القناعات بالنقاط الآتية : —

اولاً : القناعة بانتظام الطبيعة : الطبيعة منظمة وتخضع من جميع جوانبها سواء كانت على هيئة حوادث او ظواهر او موجودات ، لنظام ، اذ لايمكن حدوث اي شيء فيها اعتباطاً ، ولا تتغير نواميسها بارادة احد ، فكل شيء فيها بمقدار ، وكل امر فيها يخضع لقانون يعبر عن انتظام ، وان الجهل بالحقيقة لايعني عدم وجودها ، بل معناه ضرورة التقصي والتحري بما أوتي الانسان من استعدادات وامكانات لمعرفتها او الاقتراب منها شيئاً فشيئاً .

ثانياً : القناعة بالتوافق : ويقصد بها توافق العقل والطبيعة فلايمكن التفكير ولو للحظة واحدة ان الطبيعة لاعقلانية ، اذ لو صادف ان اقتنعنا بلا عقلانية الطبيعة

لامتنع علينا فهمها ومعرفة قوانينها ، ولما استطاع احد من امكانية التنبؤ بما يحدث فيها من احداث او ظواهر في المستقبل .

ان التوافقية بين العقل والطبيعة ضرورية لفهم الطبيعة على اساس عقلاني ، وان ما نتوصل اليه من قوانين ومبادىء وصيغ منطقية ورياضية تعبر خير تعبير عن المقولة المعروفة بان الطبيعة مدونة بلغة رياضية ، وان حقائقها موجودة في كتاب رياضي. والرياضيات علم يعبر عن علاقة الفكر بذاته وهذه هي الرياضيات البحتة او انها علم يعبر عن حالات الطبيعة وترجمة نتائج التجارب والفرضيات بلغة كمية وقياسية . ونظراً للتوافق بين العقل والطبيعة وجدت الرياضيات البحتة طريقها نحو التطبيق الفزياوي (٩) .

(١٠)

ثالثاً : القناعة بقدرة الانسان: ويقصد بها امتلاك الانسان لوحده من دون سائر المخلوقات الحية ، بامكانية فهم ما يجرى حوله اعتماداً على حواسه وعقله ، فعن طريق الحواس ادرك الظواهر الطبيعية وفقاً لوظيفة كل حاسة ، فصنف البصريات على اساس امكانات حاسة البصر . وصنف السمعيات على اساس امكانات حاسة السمع . وصنف الشميات على اساس حاسة الشم ، وصنف الذوقيات على اساس حاسة الذوق . وصنف اللمسيات على اساس حاسة اللمس، وادرك ان من الظواهر الطبيعية مايدرك باكثر من حاسة واحدة مثل الحركة والسرعة والسكون وغير ذلك . واجتهد في توسيع قدرات الحواس من خلال تطوير وابداع الاجهزة العلمية . فزادت معرفتة العلمية وادراكه للطبيعة . وكان العقل بوظائفه الكثيرة خير دليل على امتلاك المعرفة النظرية ، وصياغة هذه المعرفة سواء من خلال ما تزوده الحواس من معلومات او من خلال اختصار هذه المعرفة في صيغ فكرية موجزة تعبر عن قوانين ومبادىء طبيعية .

ان الايمان بقدرة الانسان هو الاعتقاد بتفوقه على سائر المخلوقات وان وجود

الطبيعة لا يعني غير تسخيرها وادارك حقائقها والافادة منها في الحياة اليومية ، وان سعيه الدائب في البحث والاستقصاء يعبر عن حقيقة منهجية مهمة هي ان الطبيعة صورة واقعية يدركها العقل الانساني بفهم وتبصير من خلال ما يتعلمه منها وما يشكله هو لصياغة معرفة علمية تعبر عن العلاقة بين الانسان والطبيعة .

رابعاً : القناعة بالاتفاق الشامل : اذا افترضنا ان الطبيعة ليست واحدة ، وانها تظهر باشكال وصور مختلفة باختلاف المكان والزمان ، فان الضرورة تملي علينا الاستنتاج بان المعرفة العلمية بما تحويه من فرضيات وقوانين ومبادئ ليست واحدة كذلك ، وانها متبدلة من مكان الى مكان ومن زمان الى زمان . ومثل هذا الافتراض يضعنا امام مشكلة كبيرة جداً هي أن البحث عن الحقيقة الواحدة امر مستحيل وان التفاهم بين العلماء وتبادل الخبرات مسألة لا يمكن تحقيقها ، وان امكانية حدوث تناقضات في نتائج البحث العلمي من الامور الممكنة ، وبالتالي تضيع المعرفة العلمية والجهود المبذولة من اجلها .

ان قناعة العالم بان ما يتوصل اليه من صياغة القوانين والمبادئ وبناء النظريات يحظى باتفاق شامل لدى الآخرين من العلماء على اساس ان القوانين الطبيعية واحدة بغض النظر عن المراقب او المشاهد ويجب ان ننظر الى هذه القناعة من زاوية اخرى هي ان هذه القوانين ليست واحدة بالنسبة للمراقبين على الكرة الارضية ، بل يجب ان تكون واحدة عند جميع المراقبين في الكون سواء كان المراقب متحركا حركة سريعة او مستقراً لا يتحرك .

ومن ناحية اخرى اثبتت التطورات العلمية ان القوانين او المبادئ واحدة في الفيزياء ، وانها لا تتغير بتغير سياسة الدولة او مذهبية العالم وقناعاته الايدولوجية ، وان جوهر الاختلاف بين العلماء انما قد يقع في الفلسفات المرافقة للنتائج العلمية ، وهي تفسيرات لا علاقة لها بتغيير الحقائق العلمية المتفق عليها من خلال الاستنتاج والتجارب المؤيدة لها .

( ١١ )

وترتبط المشكلة الفيزياوية بالتثبت من القوانين والمبادئ التي يتوصل اليها عالم الفيزياء التجريبية وعالم الفيزياء النظرية . فالقوانين بصورة عامة على نوعين : —

قوانين تجريبية او طبيعية Natural Laws نتوصل الى اكتشافها من خلال التجربة والملاحظة واتباع خطوات الطريقة الاستقرائية وقوانين نظرية Theoretical Laws او قوانيـــن الطبيعـــة (١٠) Laws of Nature ، نتوصل الى صياغتها في ضوء فهم وتحليل ونقد دقيق للعلاقات المنطقيـة والمفاهيم الفيزياوية القوانين الطبيعية . فمن المعروف ان النظرية النسبية Theory of Relativity لالبرت اينشتاين ( ١٨٧٩ — ١٩٥٥ ) « نشأت لا كنتيجة لسلسلة خاصة من التجارب ولكن كنتيجة لدراسة نقدية تمحيصية لقوانين الفيزياء المعروفة وللمبادئ السائدة » (١١) .

فمن المعروف ان بين العالم التجريبي والعالم النظري اختلافات ، اذ يهدف الاول الى اجراء التجارب وجمع الملاحظات واتباع الطريقة الاستقرائية التي تقوم على الملاحظة والتجربة وطرح الفرضيات والتثبت منها بالوسائل التجريبية ، ثم الانتقال بالفرضية الى مستوى القانون ، بينما يهدف عالم الفيزياء النظرية الى اقامة بناء منطقي ورياضي للمعرفة التجريبية من خلال طرح مبادئ عامة عالية في سلم التجريد ، ويمارس الاستدلال والاستنتاج لاشتقاق القوانين او تعليل قوانين تجريبية قائمة .

( ١٢ )

يواجه عالم الفيزياء التجريبية مشكلته التي غالباً ما يواجهها اثناء عملـه العلمي بالصورة الآتية : —

أ — يعتمد بادئ الامر على المشاهدات التي يتساوى فيها جميع النـاس ،

ولكنه بفضل خبرته العلمية ينشد نوعاً معيناً من المشاهدات التي يرى فيها جدوى لاكتشاف علاقات ضرورية في الطبيعة . وقد يستعين بالاجهزة العلمية لرصد هذه المشاهدات وتسجيلها ، والاجهزة العلمية التي لا تتدخل في سلوك الظاهرة او الحدث ، بل تقدم للعالم معلومات يعجز الحس المجرد من التقاطها او رصدها .

ب — ولما كانت الظواهر الطبيعية متشابكة يؤثر بعضها على بعض ، كان على العالم التجريبي ان يقوم بمهمة دقيقة هي عزل الظاهرة عن بقية الظواهر ثم حصرها تحت ظروف معينة في اطار تجربة مختبرية . ومحاولة تغيير تأثيرات العوامل الداخلة في التجربة بغية اكتشاف العلاقة السببية بين عاملين او اكثر ، ثم العمل على ايجاد الوحدات القياسية المناسبة لتحويل نتائج التجربة الى معادلة كمية تتجلى فيها الارقام او الاعداد المرتبطة بوحدات القياس ، اذ لا يمكن التعبير عن الظاهرة كيفياً ، لان من شروط التجربة ان نستطيع ترجمة نتائجها الى صيغ رياضية تعبر عن الظاهرة كمياً بالاضافة الى ثقة العالم بالرياضيات في دقة العتبير والاستنتاج .

ج — ولا تتوقف مشكلة العالم التجريبي عند هذا الحد ، لأن عليه بعد صياغة النتائج في قول كلي هو ما نطلق عليه اسم « الفرضية » ، ان يقوم من جديد بالتثبت من الفرضية تجريبياً ، فان وجدت حالة واحدة على الاقل لا تستطيع الفرضية تقديم تعليل قويم لها ، كان عليه ان يقوم بتعديلها او تغيرها او اختيار فرضية اخرى . وتكتسب الفرضية متانة وثقة اكبر كلما كانت قادرة على تعليل حالات جديدة او التنبؤ بحالات جديدة . ومعنى ذلك : ان الحالة الجديدة هي بمثابة اختبار للفرضية ، ففي حالة تأييد الفرضية يكون ذلك تصديقاً لها ، وفي حالة عدم تأييد الفرضية ، يكون ذلك بمثابة تكذيب او تفنيد لها ، وكلما ازدادت عدد الحالات التي تواجه

الفرضية لاختبارها وتكون مؤيدة لها ، اصبحت الفرضية اكثر متانة وقوة حيث يتم الاعتماد عليها بصورة اكبر لتعليل الظواهر والحوادث الجديدة التي تقع في مجال او دائرة فعاليتها .

د — وعندما يزداد تأييد الفرضية تجريبياً ترتفع عندئذٍ الى مستوى القانون التجريبي ، وتصبح العلاقة بين الفرضية والقانون متبادلة ، فكلما واجه حالة جديدة من المفروض تعليلها علمياً ، تحول الى فرضية ، فاذا ما تأيدت بالتجربة ازدادت الثقة بالقانون ، وبخلافه يجب تعديله وتبديله او الاستغناء عنـــه .

من الخطأ الاعتقاد بان القانون التجريبي واسع الحدود ، بحيث يشمل جميع الانتظامات الممكنة ، بل هـــو مجرد صيغة قابلة للتغيير اذا اضطر العالم الى توسيع مجال تعليله ليشمل ظواهر وحوادث اكثر ، ولا نقول ان القانون السابق خاطئ ، بل يجب القول انه صادق في حدود معينة ، وكاذب في حدود اخرى ، وان على العالم تقع مهمة استبداله بقانون آخر يشمل جميع الحالات التي كان القانون السابق يشملها مضافاً اليها الحالات الجديدة .

(١٣)

ان اعتماد عالم الفيزياء النظرية على الرياضيات ومنطقية بناء النظرية يجعله اكثر تمسكاً بدراسة القوانين التجريبية لايجاد الصلات بينها من اجل طرح مبادئ عامة قليلة قادرة على تعليل ظواهر وحوادث اكثر بالاضافة الى امكانية اشتقاق قوانين جديدة تؤيدها التجارب . ان موقف العالم النظري من التجربة يختلف عن موقف العالم التجريبي منها ، فالاول يهتم بها لان لها صلة بالنظرية والثاني يهتم بالنظرية لان لها صلة بالتجربة . فالاولوية للتجربة عند العالم التجريبي والاولوية للنظرية عند العالم النظري .

والفيزياء النظرية تضم مجموعات من المبادئ العامة والقوانين التي تميزها عن القوانين الطبيعية ، فنطلق عليها اسم قوانين الطبيعة لانها شاملة ولم يتوصل

اليها احد عن طريق الاستقراء التجريبي ، بل هي صيغ عامة من الصعب تفنيدها . فالقانون الذي يعبر عن تكافؤ الكتلة والطاقة ليس قانوناً مشتقاً من التجربة ، وانما هو حصيلة جهد عقلي : تحليلي ونقدي ، ادى في نهاية الامر الى صياغة النظرية النسبية ، وان الحقيقة الفيزياوية المرتبطة بالنظرية والتي مؤداهـا بأن الطاقـة = الكتلة × مربـع سرعة الضـوء ، ط = ك × س$^{٢}$ لايمكن تحقيقها مختبرياً ، ولكنها صادقة وتتحقق في ظروف كونية معينة ، حيث تتحول الطاقة الى كتلة وتتحول الكتلة الى طاقة وفق المعادلة السابقة .

ويمكننا ان نطرح مثالاً ابسط ، فنظرية نيوتن في الميكانيك تتألف من ثلاثة مبادئ رئيسة لم يتوصل اليها نيوتن عن طريق الاستقراء التجريبي ، ولكنها في الوقت نفسه لايمكن الاستغناء عنها في تعليل القوانين التجريبية وتطبيقها في مجالات فيزياوية اخرى . فمبدأ القصور الذاتي الذي ينص على : ان الجسم يبقى مستقراً او متحركاً حركة منتظمة على خط مستقيم مالم تؤثر عليه قوة تغير اتجاهه او سرعته ، لم يحصل عليه نيوتن تجريبياً ، وانه بعد التحليل الدقيق نجده يعبر عن حالة مثالية تقاس الظواهر للاجسام المتحركة به ونجد فيه التعليل القويم لدراسة الحركات المختلفة في الطبيعة . ان غاية الفيزياء لاتقتصر على ايجاد القوانين التجريبية ، بل العمل على ادراك حقائق فيزياوية بعيدة الاثر هي قوانين الطبيعة مثل قانون حفظ الطاقة وقانون حفظ المادة وقانا ن تكافؤ الكتلة والطاقة بالاضافة الى الثوابت الفيزياوية المعروفة والفروض او البديهيات او المبادئ العامة للنظريات الفيزياوية (١٢) .

(١٤)

وتقترب الفيزياء النظرية من الرياضيات البحتة في اختيار المبادئ والبديهيات واعتمادهما معاً على الاستنتاج المنطقي ، ولكن ثمة اختلافات جوهرية بين العلمين ، فالفيزياء النظرية تحتوي على مفاهيم مجردة ، الا انها ذات صلة غير

مباشرة بالعالم الخارجي ، فهي بذلك مفاهيم وصفية مجردة ، في حين ان مفاهيم الرياضيات البحتة مجردة وليس لها صلة مباشرة او غير مباشرة بالعالم الخارجي .

واذا كان هدف الفيزياء النظرية توحيد مجموعة كبيرة من القوانين الطبيعية من خلال اختبار مجموعة قليلة من المبادئ او الفروض الاساسية ، فان الرياضيات البحتة بفروعها المختلفة تقوم منذ البداية على اختيار مجموعة قليلة من البديهيات او المصادرات ، وانها خضعت في القرن العشرين الى تحليلات منطقية دقيقة بغية توحيد جميع فروعها عن طريق اختيار قاعدة منطقية واحدة يشتق بواسطتها مفاهيم الرياضيات والمبادئ الاولية فيها كما فعل جوتلوب فريجه (١٨٤٨ — ١٩٢٥ ) في اخضاع او رد علم الحساب الى المنطق او كما فعل برتراند رسل ( ١٨٧٢ — ١٩٧٠ ) ومن تبعه في مذهبه (١٣) . الا ان الاختلاف الكبير القائم بين العلمين هو ان غاية الفيزياء النظرية تعليل القوانين التجريبية القائمة او المشتقة ، فالتجربة هي معيار صحة القوانين والنظرية ، بينما تعمل الرياضيات البحتة على استنتاج قضايا او البرهان عليها بوسائل رياضية ومنطقية من غير حاجة الى التجربة لاثبات صدق قضية او مبرهنة رياضية معينة (١٤) . ولكن ذلك لايعني مطلقاً ان ليس بين الفيزياء النظرية والرياضيات البحتة صلة ، بل ان العلاقة بينهما قائمة ، وانه غالباً ما تستعين الفيزياء النظرية بقضايا من الرياضيات البحتة بعد اضافة او تفسير رموزها وصفياً ، وسنأتي على هذه الصلة في هذا البحث .

(١٥)

ولكي نفهم طبيعة المشكلات في الرياضيات البحتة ، من الضروري ان نتعرف على جوهرها من خلال ما نطرحه من اسئلة من بينها : ما هي الرياضيات البحتة ؟ فمن الوجهة التاريخية نعلم ان ما خلفته الحضارات القديمة مثل حضارة وادي الرافدين وحضارة وادي النيل ثروة كبيرة من القضايا والمسائل الرياضية

المتعلقة بالحساب والجبر والهندسة للاغراض العلمية ، فكانت الاساس في اقامة المعابد والزقورات والاهرامات ، وشق الترع والانهار ، واقامة الابنية ، وحساب المعاملات والمواريث واستحداث الالات الزراعية والهندسية والعربات وغير ذلك . وعندما بدأ انسان هذه الحضارات يدرك العلاقات المنطقية بين القضايا البرهانية ، وامكان رد قضية الى اخرى او البرهان على بعض القضايا بواسطة مقدمات رياضية ، بدأت مرحلة جديدة عند اليونان اساسها التأمل والنظر في القضايا التجريبية . فمن خلال التحليل والتدقيق ادرك بعض فلاسفة اليونان امثال طاليس (٦٢٤ – ٥٤٨ ق . م ) وفيثا غورس (٥٨٠ – ٥٠٠ق. م) وأفلاطون ( ٤٢٧ – ٣٤٧ ق . م ) وارسطو ( ٣٨٤ – ٣٢٢ ق . م ) مايجب ان يكون عليه العلم البرهاني وما تستلزمه الرياضيات من مقدمات ونتائج تلزم عنها بالضرورة ، وان البرهان هو الاساس الذي تعتمد عليه الرياضيات البحتة . واكتملت الصورة العلمية للرياضيات عندما ادرك ارسطو مجموعة العناصر التي يتكون منها البرهان وهي : التعريفات ، والبديهيات والمصادرات والمبرهنات ، وضرورة ان تكون هذه العناصر في نظام متماسك منطقياً ، بحيث يكون البرهان على اية قضية رياضية من خلال مقدمات مفروضة (١٥) .

وعندما انتقل العلم اليوناني الى مدرسة الاسكندرية بدأت مرحلة علمية جديدة ، حيث تحققت انجازات رياضية وفيزياوية عظيمة ، وكان رجال هذه المرحلة كل من اقليدس ( ٣٦٥ – ٣٠٠ ق. م ) في كتابه « الاصول او الاركان Elements » وابولونيوس ( ٢٦٢ – ١٩٠ ق . م ) في كتابه « المخروطات Conics » ، وارخميدس ( ٢٨٧ – ٢١٢ ق م ) في ابحاثه الفيزياوية ، وبطليموس ( ٨٧ – ١٦٥ ) في كتابه « المجسطي Almagest » . ثم اخذت الرياضيات البحتة بعد ذلك بالتقدم والتطور والتوسع ، وتبينت فيها الطريقة والمشكلات وكيفية بناء النظرية الرياضية ، بحيث يمكننا الآن تلخيص ابرز ما تحقق بالنقاط الآتية : .

اولاً : ادراك واضح لطبيعة المفاهيم الرياضية ، وبصورة خاصة ما يتعلق منها بالحساب والهندسة والجبر ، وادراك لاهمية المقدمات من بديهيات او تعريفات او مصادرات ، ومعرفة دقيقة لما يستوجبه النظام الرياضي من كفاية المقدمات ، واستقلال الواحدة عن الاخرى ، وعدم جواز حدوث اي تناقض في نتائج البراهين ، واختزال عدد المقدمات بان تكون قليلة العدد قدر الامكان اقتداءً بمبدأ البساطة Principle of Simplicity ، بحيث تكون كافية لاستنتاج جميع القضايا او المبرهنات المرتبطة بالنظام وموضوعه(١٦)

ثانياً : ان النظام البديهي Axiomatic System يتألف من عناصر معينة هي :

أ – مجموعة قليلة من المفاهيم ، وهذه المجموعة تضم مفاهيم غير معرّفة او لا معرّفات Undefinables ، ولكنها ليست مجهولة المعنى ، فهي غير معرّفة على اساس انها اولية لا تحتاج الى تعريف داخل اطار النظام ، ومفاهيم معرّفة او معرّفات Definables على اساس ضرورة تعريفها بواسطة المفاهيم غير المعرّفة. وقد يكتفي عالم الرياضيات بمجموعة مفاهيم غير معرّفة يستخدمها في مقدمات النظام .

ب – يشتمل النظام البديهي على مجموعة قليلة من البديهيات او المصادرات وهي بمثابة مقدمات لاتحتاج الى برهان، وتقوم القواعد الاستنتاجية على استنتاج قضايا من المقدمات او البرهان على قضايا بواسطة المقدمات وقواعد الاستنتاج اما التعريفات فانها تقوم بتوضيح معاني المفاهيم او تحديدها باسلوب رمزي دقيق ، بحيث يمكن الاستعانة بالتعريفات في عملية البرهان (١٧) .

ج – ويشتمل النظام البديهي كذلك على مجموعة كبيرة من المبرهنات على اساس انها قضايا تحتاج الى برهان . ويقوم البرهان اساساً على اساس الاستدلال وذلك من خلال سلسلة متناهية من القضايا المترابطة منطقيا تبدأ بمقدمات وتنتهي بنتيجة هي المبرهنة المشتقة.

ويشترط ان لا تكون قضية ما من بين السلسلة الاستنتاجية مجهولة وتحتاج الى برهان اولاً . وهذا معناه : ان النظام البديهي يقوم على اساس ان صدق او صحة المقدمات وما ينتج عنها في السلسلة الاستنتاجية يلزم صدق النتيجة بالضرورة في نهاية البرهان (١٨) .

( ١٦ )

وهكذا نستطيع القول بان للمشكلة في الرياضيات البحتة خصائص منها ما يتعلق بالبناء المنطقي للنظرية ، ومنها ما يتعلق بالاستنتاج والبرهان ، بحيث يمكننا تدوين هذه الخصائص بالصورة الآتية : —

**ما يتعلق بالبناء المنطقي** : تبرز مشكلات هذا الجانب من خلال الشروط التي يجب توفرها في البناء المنطقي ، فاختيار المفاهيم غير المعرّفة مسألة متروكة لحرية الباحث ، فيختار ما يشاء من هذه المفاهيم ، ولكن ثمة شروط مقيدة لهذا الاختيار وهي ان تكون كافية لتعريف جميع المفاهيم الاخرى في البناء الرياضي ، وان تكون كافية ، بحيث لا يحتاج العالم الى غيرها في سبيل صياغة مقدمات النظرية . وان تكون مقدمات النظرية كاملة ، بحيث لا تترك قضية رياضية صحيحة تنتمي الى النظام من دون ان يتوفر لها برهان متين لاثبات صحتها ، وان يكون النظام خالياً من التناقض بحيث لا يجوز استنتاج القضية ونقيضها من مقدمات صحيحة او صادقة .

**ما يتعلق بالاستنتاج والبرهان** : ان المشكلة الرياضية في هذا القسم مبرهنة هي بالطبع ليست بديهية او مصادرة ، ولكنها تنتظر حلاً من خلال ما توفره النظرية من مقدمات ومبرهنات سبق البرهان عليها . والمشكلة الاخرى هي ان يجري الاستنتاج والبرهان وفق تلازم منطقي بمساعدة قواعد استنتاجية منطقية ورياضية ، وان لا يهمل الباحث اية خطوة استنتاجية مهما كانت غير مهمة في نظره ، لكي لا يكون البرهان ناقصاً ، وعرضة للنقد ، او قد يؤدي ذلك الى استنتاجات غير صحيحة فنحصل على برهان فاسد .

(١٧)

يمكن تصوير التلازم الوثيق بين الرياضيات البحتة والفيزياء النظرية من خلال عدة وجوه . فلنأخذ على سبيل المثال هندسة اقليدس بالصورة التي وضعت في الاصل ، فاننا نجد ان النظام البديهي فيها لا يقبل الشك ، وان جميع البراهين تعتمد على مجموعة قليلة من المفاهيـم المعرّفة قاموسياً لتحديد معانيها ، ومجموعة قليلة اخرى من المقدمات الاساسية ومبرهنات يجري البرهان عليها بواسطة المقدمات وقواعد استنتاجية معينة . وعلى الرغم من ان المفاهيم فيها مجردة ومثالية ، الا انها في الوقت نفسه وصفية مثل النقطة والمستقيم والزاوية وغير ذلك وهذا مما جعل قضايا الهندسة عملية وتطبيقية في الحياة اليومية وفي الدراسات العلمية ، وفي الفيزياء النظرية بخاصة . فالاجسام المتحركة في الفضاء او على الارض انما تتحرك قاطعة مسافة في زمن معين ، وتوصف حركتها هندسة او باشكال هندسية ، فاذا قلنا على سبيل المثال ان الكوكب يتحرك في فلك بيضوي تقع الشمس في احدى بؤرتيه ، فاننا نصف هذه الحركة من خلال شكل هندسي له بؤرتان . وعندما نقول ان الاجسام الساقطة تقطع مسافة في زمن معين ، فاننا نصف سقوطها على خط مستقيم نحو الارض في حالة السقوط الحر .

والهندسة التحليلية وهي اداة مهمة في الفيزياء لا يمكن الاستغناء عنها وان معادلاتها تترجم الى لغة الفيزياء عند استخدام مفاهيم فيزياوية وصفية .

ولقد اثبتت الدراسات والوقائع ان الكون ليس الا شبكة من العلاقات البنيوية التي لا يمكن وصفها من دون الهندسة باعتبار انها العلم الذي يصف التركيب او البنيـة Structure ، كما اثبت البرت اينشتاين في النظرية النسبية العامة ان الهندسات اللااقليدية وبخاصة هندسة ريمان (١٩) ، هي المفضلة لوصف الكون تركيبيا .

ان استخدام قضايا الرياضيات البحتة في الفيزياء النظرية معناه : ان هذه القضايا فقدت عنصر اليقينيـة Certainity ، واصبحت خاضعة لما تخضعه قضايا الفيزياء ، فهي صادقة او كاذبة من خلال التجربة والواقع ، فعلى سبيل المثال : ان قضايا الهندسة الاقليدية محدودة الصدق بحدود كون أو واقع تجد فيه الخطوط المستقيمة تطبيقات واسعة ، في حين ان هذه القضايا ليست صادقة في كون ريمان او واقع فيزياوي لا وجود فيه لتطبيقات الخطوط المستقيمة . فالقضية الرياضية بناءً على ذلك صادقة صدقاً مطلقاً عندما ننظر اليها من خلال نظام صوري تنتمي اليه ، فهي صادقة بالفرض عندما تكون بديهية او مصادرة ، وهي صادقة بالبرهان عندما تكون مبرهنة نبرهن على صدقها من خلال مقدمات النظام ومن دون الاستعانة بالتجربة او الملاحظة ، فهي صادقة ويقينية طالما وجد لها برهان متين في النظام ، وهي احتمالية محدودة الصدق طالما تحولت الى قضية فيزياوية تعتمد في صدقها او كذبها على التجربة والواقع (٢٠) .

( ١٨ )

ونحاول الآن ان نكشف بعض الاوجه المهمة التي طالما كانت موضع خـلاف وصراع بين المذاهب الفلسفية : المثاليـة Idealism ، والمـادية Matterialism ، والبراجماتيـة Pragmatism ، والواقعيـة Realism والاجرائيـة Operationalism ، والتجريبيـة المنطقية Convertionalism والاصطلاحية Logical Empiricism ، حول طبيعة العلم وعلاقة النظريات بالواقع ، وطبيعة القضايا وبخاصة بعض المبادئ المهمة في علم الفيزياء .

ونبدأ اولا من حيث يبتدئ العمل العلمي المنظم وصولاً الى بناء النظرية واعادة بناء النظرية منطقياً ان اقتضى الامر .

سبق ان بيّنا بان المشاهدة او الملاحظة المجردة او الهادفة باستخدام الاجهزة العلمية ، واقامة التجارب ، وطرح الفرضيات ، وصياغة القوانين والمبادئ ،

وبناء النظرية ، هي خطوات يتبعها العالم باعتبارها الاساس في البحث العلمي ، ولكننا لم نفصل القول في بعض الجوانب المهمة التي قد تثير مشكلات بين المذاهب الفلسفية . وقد حان الوقت الآن للكشف عنها واتخاذ الموقف الصائب منها من خلال تحليل منطقي .

يجب التمييز اولاً بين الواقع المادي او الواقع الذي نعيشه او العالم المألـوف Familiar World ، والواقـع الفيـزياوي Physical Reality ، فالعالم المألوف هو عالم الكيفيات تصفه كلمات مثل جميل ، حار ، بارد ، لا بأس به ، متبدل الصور ، متحرك ومتغير ، وغير ذلك من الكلمات المشابهة . وهذا العالم لا يثير عقل الباحث الا بالقدر الذي يرى في الكلمات المستخدمة لوصفه كيفيا امكانية تحويلها الى الوصف الكمي . فما هو الوصف الكمي للعالم المألوف ؟

من الضروري ان نعرف ان هذا العالم ليس جميعه يخضع للوصف الكمي ، وان عالم الفيزياء لا تهمه جميع الظواهر والحوادث ، اللهم الا تلك التي يجد لها وحدات قياسية ليستطيع تحويلها الى الوصف الكمي . وهذا معناه : ان جزءً من العالم المألوف هو محل اهتمام عالم الفيزياء ، وان ما يتوصل اليه من نتائج لا يعبر عن جميع العالم المألوف ، بل عن جزء منه قابل للقياس .

ان الخطوة العلمية الضرورية الاولى تتجلى في الانتقال من مفاهيم الحياة اليومية عن العالم المألوف الى مفاهيم علمية تعرف بوحدات قياسية معينة . وهذا معناه كذلك : ان لغة الحياة اليومية تتحول شيئاً فشيئاً الى لغة قياس علمية دقيقة الوصف للموجودات والظواهر والحوادث في العالم المألوف .

وهذه اللغة التي سنطلق عليها اسم « لغة الكم والقياس » ليست لغة طبيعية وليست لغة واحدة لجميع المشتغلين بالعلم بالضرورة ، اذ بالامكان اختيار وحدات القياس ووصف الاشياء بالوسيلة التي يفضلها العالم .

( ١٩ )

ان اقدم وحدات القياس التي استحدثها الانسان لاغراض عملية هي :- الطول ووحدته القياسية بالنظام المتري هي السنتمتر (سم ) ، والكتلة ووحدتها القياسية الغرام ( غم ) والزمن ووحدته القياسية هو الثانية ( ثا ) ، والى جانب هذا النظام نجد النظام الانكليزي في وحدات القياس ، ويستخدم البوصة وهي تساوي ٢٫٥٤ سنتمتراً ، والميل وهو يساوي ١,٦١ كيلومتراً ، والباوند وهو يساوي ٤٥٤ غراماً ، الكيلوغرام الذي يساوي ٢,٢٠ باونداً ، واللتر وهو يساوي ١٠٠٠ سم$^{٣}$ وهكذا .

وعلى الرغم من ان مفاهيم الطول والكتلة والزمن قديمة جداً ، الا ان الوحدات القياسية التي اشرنا اليها تخدم اغراض العلم الحديث وتخضع للتوسع والتعديلات . فالنظام المتري هو نظام عشري ، وما يمتاز به هو وجود علاقات عشرية بين الوحدة الاساسية ووحدات اخرى للملاحظة نفسها منها :

ميجا = ١٠٠٠,٠٠٠ ( $١٠^{٦}$ ) والكيلو = ١,٠٠٠ ( $١٠^{٣}$ ) وديسي = $\frac{١}{١٠}$ ( $١٠^{١}$ ) والسنتي = $\frac{١}{١٠٠}$ $١٠^{٢}$ والميللي = $\frac{١}{١٠٠٠}$ ( $١٠^{٣}$ ) والميكرو = $\frac{١}{١٠٠٠٠٠٠}$ ( $١٠^{٦}$ ) .

ان وحدات الطول والكتلة والزمن اساسية ، والمفاهيم الفيزياوية الاخرى وحدات ثانوية او مشتقة من الوحدات الاساسية مثال ذلك ما يأتي تصرف السرعة بانها الازاحة على الزمن ، والازاحة هي المسافة المقطوعة بين نقطتين .

$$\text{السرعة} = \frac{\text{الازاحة}}{\text{الزمن}}$$

وبذلك تكون وحدات السرعة مقاسة بالسنتمتر والثانية بالصورة الآتية - سم -ثا ، حيث يشير الخط - الى قيمة عددية . اما التعجيل فهو مفهوم

مشتق كذلك ووحدته القياسية سم / ثا$^2$ . اما القوة فوحدتها القياسية : نيوتن وهي غم . سم / ثا$^2$ ويقاس الشغل بوحدات الارك Erg ويعبر عنهـا من خلال المعادلة الفيزياوية الآتية : —

الشغل = القوة × الازاحة

الارك = الداين × سم : وبعبارة اخرى ان الارك هو وحدة في النظام المتري لوحدات القياس ، وهو العمل المنجز بواسطة القوة لداين واحد في الازاحة لسنتمتر واحد .

وهكذا تتوالى المفاهيم الفيزياوية ووحدات قياسها في فروع اخرى فيزياوية : في الكهربائية ، والمغناطيسية ، والحرارة ، والضوء ، والصوت ، والطاقة ، والاشعاع ، وغير ذلك ، بحيث تؤلف هذه المفاهيم جميعها شبكة او نسجاً تترابط فيه المفاهيم بعلاقات لبناء الواقع الفيزياوي . ولا يفوتنا ان نقول : ان حقائق هذا الواقــع مثالية دقيقة قد لا تتفق تماماً وبالدقة اللازمة مع حقائق العالم المألوف . فمن المعروف فيزياوياً ان القوانين التي تصف هذا هذا الواقع مصاغة بصياغة رياضية دقيقة ، وان الحقائق في العالم المألوف لا تتفق معها بالدقة ، لذلك قد نصفها بالتقريبية ، ويعود السبب الى الاختلافات بين الواقع الفيزياوي والعالم المألوف ، حيث ان الاول مهما كان مستواه من صنع الانسان لفهم ما يجري في العالم الخارجي ، وانه لا يوجد تطابق بين الواقع الفيزياوي والعالم المألوف . وان الرياضيات تعبر عن الواقع الفيزياوي وليس عن العالم المألوف . وبعبارة اخرى : ان اللغة الرياضية تعبر بالدقة العالية عن الواقع الفيزياوي مباشرة . بينما تعبر عن العالم المألوف بطريقة غير مباشرة ومن خلال الواقع الفيزياوي .

(٢٠)

وفي سبيل ان نفهم ما تقدم نأخذ بنظر الاعتبار علاقة الهندسة الاقليدية بالعالم المألوف . فالمفاهيم الهندسية مثالية ، اذ لاوجود للنقطة والمستقيم والزاوية

والمستوى والمثلث وغير ذلك بالصورة التي تطرحها الهندسة في العـالم المألوف وان جميع حقائق الهندسة لا تصف العالم المألوف ، بل تقوم ببناء واقع هندسي دقيق متشابك العلاقات . وكان افلاطون على حق عند تحليله للهندسة في زمانه ، اذ رأى فيها علاقة بالمحسوس على الرغم من انها تمثل واقعاً استدلالياً يقوم على البرهان ، فاشترط ان يحررها من كل اثر من آثار المحسوسات لتكون علماً برهانيا واستدلالياً بحتاً . واعتمد في انتقاده الى ان القضايا الهندسية تحتاج الى الرسوم والتصور المادي ، وان المفاهيم فيها لاتخلو من أثر المحسوسات على الرغم من كونها مجردة . ويبدو لي ان افلاطون وجد في اللغة الهندسية مفاهيم من الحياة اليومية لاتخلو من المحسوس ، فأراد ان تكون المفاهيم مجردة لاصلة لها بالعالم الخارجي ، فكان ينشد بذلك بناءً هندسياً او رياضياً بحتاً ، حيث وجد غايته في عالم المثل ، وافتقار مبادئ او اصول الهندسة اليه لاثبات صدقها (٢١) .

وقد تحقق ما كان يصبو اليه افلاطون من تحرير الهندسة من المحسوسات بالعمل الذي قام به ديفيد هلبرت (١٨٦٢–١٩٤٣) في كتابه اسس الهندسة (٢٢) باعتبار ذلك اول محاولة متكاملة منذ اقليدس لاعادة بناء الهندسة المستوية من خلال شروط النظام البديهي المتمثلة في ان يكون النظام خالياً من التناقض ، وبديهياته مستقلة الواحدة عن الاخرى ، وكاملاً بحيث يكون كافياً للبرهان على كافة القضايا المنتمية للموضوع (٢٣) .

نظر هلبرت الى الهندسة من خلال ثلاث منظومات : المنظومة الاولى تضم اشياء نطلق عليها اسم « النقاط » والمنظومة الثانية تضم اشياء نطلق عليها اسم « مستقيمات » والمنظومة الثالثة نطلق عليها اسم « المستويات » . وهذه الاشياء مترابطة بشكل معين من خلال علاقات تدل عليها الكلمات : يقع ، بين ، تطابق ، توازي ، مستمر ، وهذه تعين تعريفاتها من خلال البديهيات المختارة . وبعبارة اخرى ان هلبرت نجح في تجريد الهندسة من المحسوس ، وذلك

استناداً الى البديهيات المعطاة ولا توجد اشياء غير منطقية في بناء الهندسة.وان تعريفاته خلافاً لتعريفات اقليدس،تعريفات ضمنية Implicit Definitions ، تحــدد معانيها من خــلال نظام البديهيات ، كما استخدم هلبرت في بنــاء هندسة الحساب المنطقي ونظرية المجموعات لتطور نظام بديهي جديد للهندسة المستوية (٢٤) .

إن محاولة هلبرت تؤشر طريقة جــديدة في بناء النظريات ، وقد وضع بالفعل اسس هذه الطريقة وجرى تطبيقها في الرياضيات مؤسساً مايسمى في المنطق بالمذهب الصوري او الشكــلي Formalism . وتكسب هذه الطــريقة اهمية خاصة من حيث انها تضع امام الباحث صورة لما يجب ان يكون عليه العلم وتفتح الابواب لامكانية الارتفاع بمستوى الفروع العلمية المختلفة وصولاً الى صياغة النظام البديهي .

(٢١)

ان اكثر العلوم قرباً من الرياضيات هي الفيزياء النظرية ، لذلك بذلت محاولات جدية لبناء نظام او انظمة بديهية لفروع الفيزياء المختلفة . ولتوضيح هذه المسألة نبدأ بالتجارب الفيزياوية بعد ان استوفينا الكلام عن المشاهدات ووحدات القياس المختلفة لنتعرف على الطرق الممكنة والمقترحة لبناء نظرية فيزياوية تتمتع بنفس الخواص التي تتمتع بها الرياضيات من شرط عدم التناقض واستقلال البديهيات والكمال . ان مانقصده بالتجربة هي التجربة المختبرية التي يتولى الباحث فيها اعداد جهاز علمي معين في ظروف معينة لدراسة ظاهرة او شيء او حدث فيزياوي لايمكن دراسته في الطبيعة حراً ، لتشابك عوامل او حوادث كثيرة مما يستحيل على الباحث تتبع سلوكه الدقيق وعلاقاته الضرورية. وقد يتساءل المرء عن اسباب اختيار الباحث لهذه الظاهرة او الحدث ؟ والجواب عن هذا التساؤل يمكن بلورته بالنقاط الآتية : .

أ – ان الظاهرة او الحدث يمكن حصرهما وعزلهما عن بقية الظـواهر والحوادث في الطبيعـة ، وامكانية دراستهمـا او نقلهما الى المختبر في ظروف مناسبة ، بحيث يتمكن الباحث من تغيير العوامل وتبديل الظروف وتثبيت اخرى حتى يصل الى نقطة مهمة هي الحصول على نتيجة ممكنة القياس بوحدات قياسية معينة او مستحدثة .

ب– تكرار الظاهرة او الحدث ، مما يثير في النفس القناعة العلمية بان مايحدث يعبر عن انتظام طبيعي وعلاقة ضرورية ممكنة الاكتشاف اذا ما خضعت للبحث التجريبي المختبري .

ج – ان الجهاز العلمي المختبري واعداد الباحث له يصلح لدراسة الظاهرة او الحدث ، حيث يحدس الباحث او يعرف مقدماً ان نتائج التجربة في هذا الجهـاز ايجابية ، نظراً لاستخدام الجهاز لظواهر او حوادث ممـاثلة او تقـع ضمن مجال مجموعة الحوادث التـي تمت دراستهـا من قبل . فان لم يكن الامـر كذلك كان على البـاحث او غيره ضرورة القيـام بتصميم الجهاز من اجل دراسة الظاهرة وفق مواصفات نظرية وعملية معينة .

نفترض ان الباحث استطاع الحصول على نتيجة ايجابية ، وهذا معناه نتيجة قياسية تعبر عن انتظـام متكرر . وعندئذ تكون الخطوة التالية ترجمة هذه النتيجة الى لغة رياضية ، تعبر عن نوع العلاقة المكتشفة ،وغالباً ماتكون العلاقة الضرورية هي السببية Causality ، في حين ان العـلاقات الاخرى في القانون هي علاقات رياضية (٢٥) . وهذا معناه : ان الباحث يطرح الصيغة التي توصل اليها على هيئة فرضية وصولاً عند التثبت منها بحوادث او ظواهر جديدة الى صياغة القانون التجريبي .

(٢٢)

ان الطريقة الآنفة الذكر في البحث هي الطريقة الاستقرائية ، ولكنها ليست

الطريقة الوحيدة في بناء النظريات ، وان كانت ضرورية جداً في الكشف عن القوانين التجريبية في مراحلها الاولى .

والسؤال الآن : ماهي الطريقة او مجموعة الطرق المعتمدة لبناء النظريات ؟ ان الطرق المعمول بها على مستوى العلم الفيزياوي ثلاث هي : —

١ — الطريقة الاستقرائية ( البنائية Constructive )

٢ — الطريقة الاستدلالية الافتراضية Hypothetico - Deductive Lethod

٣ — الطريقة البديهية Axiomatic Method

نبدأ بالطريقة الاولى ، وهي الطريقة التي تبدأ بخطوات بنائية اساسها الاول المشاهدة والتجربة والقياس ، ثم طرح الفرضيات المناسبة والتثبت منها وصولاً الى صياغة القوانين التجريبية .

اما المرحلة الثانية في الطريقة الاستقرائية لبناء النظريات ، فتبدأ بدراسة القوانين بالصورة الآتية : —

أ — التصرف على المفاهيم المستخدمة فيزياوياً ، وما هي وحدات قياسها ، وذلك على اساس تعريفها من خلال وحدات القياس . وقد تكون هذه المفاهيم اولية او مشتقة من غيرها.وبصورة عامة فان الاساس الذي تقوم عليه هذه المفاهيم هو الاساس التجريبي مع عدم اهمال ما للعلاقات الرياضية من اهمية في بناء القانون .

ب — تحليل ونقد القوانين التجريبية التي تنتمي الى مجال فيزياوي واحد ، مثال ذلك : قوانين الميكانيك ، قوانين الغازات ، قوانين الضوء ، قوانين الكهربائية والمغناطيسية وهكذا ، من اجل تثبيت او ابتداع مفاهيم تجريدية وعلاقات تجعل بالامكان ضم جميع القوانين التجريبية الى قوانين اكثر شمولية واقل عدداً ، ثم الانتقال بعد ذلك الى توحيد القوانين التجريبية في نظرية تجريبية واحدة .

ج – تحليل ونقد النظريات التجريبية لمجالات الفيزياء بغية ادراك العلاقات الفيزياوية القائمة بينهــا مثال ذلك : دراسة النظرية الكهربائيـة والمغناطيسية والضوئية والاكترونية ، وامكانية تتويج هذا العمل في مجموعة من المبادئ المجردة التي تقوم باستنتاج القوانين التجريبية المعروفة سابقاً وقوانين اخرى يجري التثبت من خلالها عن متانة النظرية الموحدة وجدواها .

(٢٣)

اما الطريقة الثانية ، فأبرز ما تمتاز به اعتمادها على ماتوحي به التجارب من مؤشرات ، وطرح فرضيات عالية في التجريد يتم اختيارها بعد ذلك تجريبياً ، ونتبع في هذه الطريقة الخطوات الآتية : –

أ – لاتستغني هذه الطريقة عن التجارب ، ولكنها في الوقت نفسه لا تفيد نفسها بها كلياً ، بحيث لاتتم اية خطوة متقدمة دون الاعتماد على التجربة،بل تجعل الطريقة الاستدلالية الافتراضية التجربة، بل تجعل التجربة ، بل تجعل الطريقة الاستدلالية الافتراضية التجربة او الحقائق التي تمت ملاحظتها مجرد نقاط ارتكاز توحي للباحث بالفرضية المناسبة التي قد يتم اختيارها من عدد كبير جداً من الفرضيات ، وهي ليست فرضية تجريبية كتلك التي نجدها في الطريقة الاستقرائية ، بل قد تكون مبدأ عالياً في التجريد ، بحيث تصلح في نهاية الامران تكون مقدمة ضرورية لاستنتاج قوانين نظرية واخرى تجريبية .

ب – ان هذه الفرضية او غيرها من نفس المستوى رياضية البناء تتخللها مفاهيم فيزياوية مجردة ، وهذا معناه : ان التثبت من ان الفرضية مناسبة او غير مناسبة لايتم الا من خلال سلسلة طويلة من الاستنتاجات وصولاً في نهاية الامر الى قضايا تجريبية ذات مفاهيم قابلة للقياس وقضايا قابلة للتجربة ، فان تأيدت القضايا المشتقة تجريبياً فهذا دليل على انها

مناسبة ، وبخلافه يجب تعديل او تغيير او تبديل الفرضية لتكون صالحة لتعليل القضايا المشتقة منها منطقياً او رياضياً .

ج – مراجعة الاستنتاجات التي تمت نظرياً ابتداءً بالمقدمات وما يلزم عنها منطقياً حتى آخر السلسلة الاستنتاجية ، وهذا عمل من الوجهة النظرية يشتمل على تتبع منطقي للخطوات الاستدلالية ، للتعرف على القوانين الفيزياوية المشتقة ومكانتها في السلسلة الاستنتاجية ، واكتشاف القوانين المشتقة الجديدة وما ينتج عنها لغرض اختبارها تجريبياً من اجل معرفة ان كانت الفرضية مناسبة او غير مناسبة .

د – تقويم الفرضية على اساس اختبار النتائج ، وهذا معناه : ان على الباحث تقع مهمة دراسة النتائج ومقارنتها ونقدها وتحليلها ، اذ لا يجوز مطلقاً ان تكون النتائج مناقضة لحقائق فيزياوية معروفة ، وان لاتكون النتائج متناقضة فيما بينها . فاذا كانت النتائج خالية من التناقض ، ومتفقة مع حقائق فيزياوية واضحة ، وخالية من مفاهيم مبهمة ، وان التجارب تؤيدها ، كانت الفرضية مقبولة علمياً وجزء لايتجزأ من نظام الفرضيات الخاصة بالنظرية .

(٢٤)

اما الطريقة الثالثة فانها وان كانت في الاصل طريقة رياضية ، الا انها تحولت بمرور الزمن ومن خلال تطور علم الفيزياء وتقدمه باتجاه اكبر نظريتين هما نظرية الكم Quantum Theory ، والنظرية النسبية Relativity Theory الى منهج معترف به واساسي في الفيزياء المعاصرة . ومن اجل زيادة التوضيح للطريقة البديهية في الفيزياء ، نتبع الخطوات الآتية : –

أ – يشير تطور الفيزياء الى حقيقة مهمة هي ان الحقائق او المفاهيم والصيغ الفيزياوية منذ عصر اسحق نيوتن (١٦٤٣ – ١٧٢٧ ) اخذت تتجه نحو

التجريد والابتعاد عن عالم المحسوسات ، ولم تعد القوانين كما كانت استقرائية بسيطة مثل قوانين جوهان كبلر (١٥٧١ – ١٦٣٠ ) في الفلك ، او قوانين المد والجزر ، او قانون بويل (١٦٢٧ – ١٦٩١) في العلاقة العكسية بين حجم مقدار معين من الغاز مع الضغط المسلط عليه عند ثبوت درجة الحرارة ، وغير ذلك من القوانين التجريبية ، بل اصبحت اكثر تجريدية وشمولاً من هذا النوع من القوانين ، ولم تعد القوانين الطبيعية المجردة استقرائية مثل قوانين ماكسويل (١٨٣١ – ١٨٧٩) الكهرو مغناطيسية ، وقوانين انيشتاين النسبية ، وغيرها .

ب – يشير تطور الفيزياء كذلك الى حقيقة علمية اخرى هي : ان مبدأ الاقتصاد في الفكر Economy of Thought اخــذ طريقه الى القوانين والنظريات الفيزياوية اذ ظهر مثلاً ان عدداً من القوانين التجريبية على سبيل المثال تعلل بدقة من خلال القانون العام للجاذبية ، وان عدداً من القوانين الطبيعية التي تفوق القوانين التجريبية في التجريد ذات مجال ضيق وان قوانين طبيعية اخرى اشمل واكثر تجريدية من الاولى تعلل قانون الجاذبية وبعض القوانين الطبيعية الاخرى مثال ذلك قانون اينشتاين في الجاذبية للكتل الكبيرة والصغيرة جداً ذات السرع العالية .

ج – يشير تطور الفيزياء الى حقيقة اخرى في غاية الاهمية هي : ان بعض النظريات في الرياضيات البحتة والتي لم توضع في الاصل لاغراض فيزياوية ، وجدت طريقها للتطبيق في الفيزياء . فمن المعروف مثلاً ان الهندسات اللااقليدية وجدت قبل ان يفكر اي عالم في الفيزياء بالنظرية النسبية العامة ، الا انها اصبحت بفضل اينشتاين جزءً لا يتجزء من الفيزياء النظرية ، وكانت النتائج التجريبية المستنتجة منها مطابقة للواقع . وما يصدق على هندسة ريمان وغيره من الهندسات اللااقليدية ينطبق كذلك على النظرية الجبرية غير التبديلية والتي لا يصدق فيها

القانون المعروف : أ ب = ب أ ، حيث وجدت طريقها الى التطبيق في نظرية الكم . كما استخدمت في الفيزياء المعاصرة نظريات رياضية بحتة اخرى بنيت على اساس الطريقة البديهية .

ان هذه التطورات وغيرها اصابت الطريقة الفيزياوية في الصميم ، فكان ان بدأت اتجاهات جديدة لبناء النظرية الفيزياوية او اعادة بناء نظريات فيزياوية باستخدام الطريقة البديهية (٢٦) . وهنا لابد من الاشارة الى عدة ملاحظات مهمة في هذه الطريقة .: —

أ — ان اول من اقام بناءً هندسياً بالطريقة البديهية هو اقليدس ، الا ان تعريفات المفاهيم الهندسية جعلت الذين استخدموا الهندسة الاقليدية على قناعة بانها قابلة للتطبيق في العلم واعمال الحياة اليومية ، فالجميع يعرف معنى « النقطة والمستقيم والزاوية والمستوى » وغيرها من المفاهيم اما الطريقة البديهية الجديدة فانها لا تقوم بتعريف المفاهيم بالطريقة التي طرحها اقليدس ، بل انها تستمد معانيها من خلال وجودها في البديهيات ، ومعنى ذلك : ان البديهيات تصبح تعريفات للمفاهيم الهندسية وبناءً على ذلك يجب التمييز بين التعريف الواضح Explicit Definition كما هو عند اقليدس ، والتعريف الضمني Implicit Definition كما هو عند هلبرت .

ب — ان المفاهيم في الطريقة البديهية الجديدة ليس لها علاقة بالواقع المادي ، فهي مجرد كلمات او رموز ، لذلك يمكن اعطاء قيم وصفية لها من خلال ايجاد التفسير المناسب Interpretation وعندئذ يمكننا القول بان هذه القضية الهندسية او تلك بعد تفسيرها تطبق في العلم وفي الحياة اليومية . وهذا امر يجعلنا نحصل من خلال الهندسة المستوية لهلبرت على تفسيرات كثيرة فيزياوية وغير فيزياوية .

د – ان كل ما يحتاجه الباحث في هندسة هلبرت البحتة هو مجموعة شروط منطقية تتحكم في كل نظام بديهي هي : ان تكون بديهيات النظام مستقلة بمعنى : لا يمكن البرهنة على بديهية من مجموعة البديهيات بواسطة البديهيات الاخرى . وان تكون البديهيات كاملة بمعنى : لا يمكن ان نجد قضية هندسية تنتمي الى موضوع النظام ليس لها برهان او لا يمكن البرهنة عليها . وان يكون النظام خالياً من التناقض بمعنى : انه لا يسمح باشتقاق قضية ونقيضها من مقدمات مفروضة .

وفي الفيزياء النظرية اصبحت الطريقة البديهية من الطرق المهمة في بناء واعاة بناء النظريات الفيزياوية ، وان كل ما نحتاجه هو المحافظة على العلاقة القائمة بين الفيزياء والواقع ، لان الفيزياء اولاً وآخراً من العلوم التي لابد للتجربة من اثبات قضاياها ونظرياتها مهما كانت مجردة وبحاجة الى سلسلة استنتاجية طويلة تبدأ بالمقدمات وتنتهي بنتائج لها صلة بالعالم المحسوس والتجارب .

وهذا الاختلاف بين الفيزياء النظرية والرياضيات البحتة على صعيد الطريقة البديهية حول نظر العالم الى اهمية المفاهيم الفيزياوية وتعريفاتها . فالنظام البديهي الفيزياوي بحاجة الى تفسير ، ولا يتم هذا التفسير الا من خلال قاموس Dictionary او تعريفات للمفاهيم الفيزياوية ، بحيث يمكن اقران هذه المفاهيم او تعريفاتها بقضايا النظام البديهي ، فتحول القضية الى قضية فيزياوية يمكن التثبت منها بالاسلوب التجريبي ، وبعبارة ادق يمكن القول ان النظرية الفيزياوية القائمة على الطريقة البديهية بحاجة الى نظام بديهي له صفة وخاصية الرياضيات البحتة ، والى نظرية في التفسير تحتوي على تعريفات تقترن بالنظام البديهي ، وهذه التعريفات تجريبية لمفاهيم فيزياوية ، بحيث تبقى النظرية الفيزياوية على صلة بالعالم الحسي والمشاهدات والتجارب .

( ٢٥ )

بقيت نقطة واحدة في هذا البحث تستحق الوقوف وهي اختلاف الفلسفات بعضها عن بعض تجاه النظرية الفيزياوية . فالفلسفة المادية التي رافقت العلم في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر وجدت كل مبرراتها الفلسفية في نظرية نيوتن وما احرزته من تقدم في علم الميكانيك ، وفي الطريقة الاستقرائية التي كانت سائدة في ذلك الوقت . اما الفلسفة المثالية فانها اخذت جوانب اخرى من النظرية الفيزياوية لتدعيم موقفها من العقل وصلته بالعالم الخارجي ، فالمقولات عند عمانوئيل كانت ( ١٧٢٤ — ١٨٠٤ ) في الزمان والمكان والجوهر والتأثير المتبادل والسببية .... الخ ليست الا ترجمة فلسفية بشكل معين لنظرية نيوتن ، اذ تحولت عند كانت الى مقولات عقلية قبلية ننظر من خلالها الى العالم الخارجي ليتشكل بالصورة التي هي عليه ، وكان المقولة هي الاطار الضروري لمعرفة وفهم العالم الخارجي . والفلسفة الاجرائية لبرجمان (١٨٨٢ — ١٩٦١ ) وهي فلسفة تجريبية معاصرة تأثرت بالنظرية النسبية وما انجزته من اعمال منها الاستغناء عن المفاهيم التي لا يمكن تعريفها بالاجراءات القياسية مثل الاثير والزمان والمكان ، وتعريف التزامن بواسطة سلسلة من الاجراءات ، فبانت التعريفات عند برجمان مجرد مجموعة من الاجراءات القياسية ، وتحول العمل الفيزياوي في بناء المفاهيم الى عمليات تجريبية تهدف الى اجراء القياسات لكل مفهوم سواء بطريقة مباشرة او غير مباشرة ، والاستغناء عن اي مفهوم كان لا يمكن تعريفه من خــلال الاجراءات القياسية (٢٧) .

اما التجريبية المنطقية التي هي الاخرى رافقت تطور علم الفيزياء والرياضيات في القرن العشرين ، اتخذت من الرياضيات والفيزياء موقفاً تحليلياً عميقاً وهو ان قضايا الرياضيات البحتة تحليلية لا علاقة لها بالواقع المحسوس وغير مشتقة

منه ، في حين ان قضايا الفيزياء تركيبية او تجريبية . واذ كان بناء المفاهيم في الرياضيات يقوم على اساس ردها الى مفاهيم منطقية ، بحيث تصبح الرياضيات جميعها منطقية ، فان بناء المفاهيم في الفيزياء يقوم بردها الى مفاهيم اولية هي الطول والزمن والكتلة ودرجة الحرارة والشحنة الكهربائية (٢٨) وعلى اساس ان المفاهيم غير التجريبية وغير الرياضية والخالية من المعنى هي مفاهيم ميتافيزيقية يجب استبعادها من العلم . وبصورة عامة استهدفت التجريبية المنطقية اضافة الى استبعاد المفاهيم والقضايا الميتافيزيقية من العلم ، توحيد العلوم على اساس وحدة المعرفة الانسانية ، وايجاد قاعدة متينة لطرق البحث العلمي الاستقرائية والاستدلالية والاحتمالية .

اما الاصطلاحية والتي ترتبط باسم هنري بوانكاريه (١٨٥٤ — ١٩١٢ )، فانها متأثرة كذلك بالعلم المعاصر وبخاصة بالعلم الرياضي وهندسة اقليدس . فالقضايا الهندسية والتعريفات اختيارية ، وانه بالامكان تفسير هندسة اقليدس بطريقة لا نحتاج الى غيرها من الهندسات ، فهي الهندسة المختارة . وعندما بدأت الطريقة البديهية بالتوسع كان حظ الاصطلاحية اكبر ، فالنظام البديهي مجرد لغة صورية اختيارية ، ومن الممكن ان نختار نظاماً آخر يتوافق مع الاول في كل شيء ويختلف عنه في مقدماته وتعريفاته والانظمة البديهية في الفيزياء النظرية تتألف شأنها في ذلك شأن الرياضيات البحتة من بديهيات هي تعريفات ليست صادقة وليست كاذبة ، بل مجرد صيغ اختيارية او اصطلاحية ، ومن تعريفات اخرى هي التعريفات الاقترانية وهي بحد ذاتها قضايا اصطلاحية .



## هوامش البحث

١ ) العالم الكبيـــر او فيزياء الموجـــودات الكبيـــرة Microphysics هو العالم الخارجي المادي المحسوس الذي يخضع للمشاهـــدة والتجربة الحسية ، ومنه نستمد المفاهيم الفيزياوية المعروفة مثل الكتلة والسرعة والزمن والمكان وغير ذلك . وابرز مثال على ذلك هو ما تتعامل به الفيزياء القديمة وفيزياء نيوتن في الميكانيك .

٢ ) العالم الصغيـــر او فيزياء الموجـــودات الصغيرة Macrophysics هو عالم الذرة وما تحتويه من جسيمات صغيرة جداً مثل الالكترونات والبرتونات والنيوترونات وانواع الميزونات وما شابه ذلك ، والتي لا تخضع للمشاهدة الحسية المجردة مباشرة ، ولا يمكن دراستها بعيداً عن التجارب المشفوعة باجهزة علمية معقدة عالية التقنية .

٣ ) نقصد بالقضية التحليلية هي القضية التي يحتوي نفيها على تناقض ، او هي القضية التي تكون صادقة في جميع الحالات وفي كل العوالم الممكنة ، او هي القضية التي يكون المحمول فيها متضمنا في الموضوع ، بحيث لا تخبرنا عن شيء جديد ، وهي صادقة ويقينية وتحصيل حاصل .

٤ ) الرياضيـــات التطبيقيـــة Applied Mathematics رياضيـــات مدونة رمزياً لهـــا صلة بالعـــالم الخـــارجي صغيراً او كبيراً ، وهي في الغالب منبثقة من تعامل العالم مع الموجودات والظواهر والحوادث والعلاقات ، فهي رياضيات فيزياوية تجريبية ، ولا تكون قضاياها تحليلية او صادقة صدقاً يقينياً ، بل تركيبية Synthetic وقضاياها احتمالية .

٥ ) يقول البرت انيشتاين في هذا الصدد « مادامت قضايا الرياضيات ذات صلة بالواقع ، فهي ليست مؤكدة ( يقينية ) ، وما دامت يقينية فهي ليست ذات صلة بالواقع .

Einstein, A., Mein Weltbild pp : 119 - 120
[ Ullstein Bücher, Germany 1970 ]

٦ ) استخدمت الهندسة الاقليدية : المستوية والفراغية في الفيزياء لوصف العالم الخارجي وظواهره وحركة موجوداته واستقرارها سواء كانت الحركة على خط مستقيم او منحن او بيضوي او اي شكل من الاشكال المعروفة ، واستخدم الجبر التبديلي وغير التبديلي في الفيزياء كذلك بعد تحويل صيغه الى قضايا الفيزياء ، كما ان المثلثات معروفة في استخداماتها الكثيرة في علم الفلك . والفيزياء ، سواء لوصف او دراسة القبة السماوية او تطبيقها في حسابات العالم الارضي .

٧ ) مايؤيد هذا القول ما ذهب اليه آنيشتاين بقوله : يستطيع المرء ان يفرق انواعاً مختلفة من النظريات في الفيــزياء . وان معظم النظريات تكوينية . وهذه النظريات تبحث من خلال صورية بسيطة نسبياً ومن حيث الاساس عن صورة للظواهر المعقدة لاقامتها . فتبحث مثلاً النظرية الحركية للغازات الحوداث الميكانيكية والحرارية والانتشارية لردها الى حركة الجزيئات ، وهذا معناه : اقامة ذلك على اساس فرضية حركة الجزيئات . وعندما يقول المرء انه نجح في ربط مجموعة من الحوادث الطبيعية ، فانه يعني بذلك دائماً ، بانه اقام نظرية تكوينية تضم الحوادث المستهدفة .

**Einstein, A., Mein Weltbild p : 127.**

٨ ) يشير تطور العلم الفيزياوي الى هذه الحقيقة التي يمكن ملاحظتها من خلال دراسة تاريخ العلم ، فالمفاهيم الفيزياوية كانت في الماضي بسيطة وكيفية ، الا انها اخذت بالتقدم عندما استطاع الانسان تحويلها الى مفاهيم كمية ، بحيث اصبح بمقدوره استخدام الرياضيات ، فتبدلت صورة العالم تبعاً لتبدل النظرية الفيزياوية . فالقوانين القديمة لبطلميوس عن حركة الافلاك تبدلت بفضل قوانين كبلر ، كما تبدلت قوانين الفيزياء بالصورة التي طرحها ارسطو لتحل مكانها قوانين غاليليو ونيوتن . ثم تقدم العلم باتجاه دراسة الضوء والحرارة والاشعاع والمغناطيسية والكهربائية وحقق نجاحات كبيرة .

وتبدلت صورة العالم عندما بدأ البحث العلمي يشق طريقة لاكتشاف عالم الذرة ، كما تبدلت صورة الكون الميكانيكي لتحل محلها صورة الكون كما ترسمها النظرية النسبية لاينشتاين . وغاص الانسان في اعماق الذرة وظواهر الحرارة والاشعاع والطاقة ليرسم صورة للعالم الصغير كما طرحتها نظرية الكم وهكذا .....

٩ ) يرى جيمس جينس ان الله عالم رياضيات كبير ، لانه صمم الكون وفق مقتضيات الرياضيات البحتة . ومعنى ذلك ان الكشف عن الرياضيات البحتة يمثل حقيقة العالم . انظر كتابي « مقدمـــة في الفلسفة المعاصرة » فصل المثالية الرياضية [ منشورات الجامعة الليبية – بنغازي ١٩٧٠ ].

١٠ ) ان ابسط مثال على القوانين التجريبية : قانون بويل ، قانون السقوط الحر للاجسام ، قانون المد والجزر ، قوانين كبلر الثلاثة ، وان ابسط مثال على قوانين الطبيعة : قانون الجاذبية العام ، ومبادئ نيوتن في الميكانيك ، وقوانين الحفظ وغير ذلك .

11 ) Richard F. Hamphries & Robert Beringer : First Principles of Atomic Physics [ New York, 1950 ]

ترجمه الى العربية : د . محمود امين العمر ود . يوسف ليتو
و د . سيد رمضان هدارة
المبادئ الاساسية للفيزياء ص ٣٤٦
[ دار المعارف بمصر ١٩٦٢ ]

(١٢) هذه القونين ومثيلاتها ليست مشتقة من التجربة ، وغالباً ماتتميز بالبساطة وعالية في سلم التجريد ، ولايمكن اختبارها تجريبياً بالطريقة الاستقرائية ، وغالباً ما يتوصل اليها العالم من خلال تحليل ونقد قوانين ومفاهيم تجريبية تشترك في وصف او تعليل ظواهر طبيعية من صنف واحد ، بحيث يضم القانون الطبيعي من قوانين الطبيعة مجموعة واسعة من القوانين

التجريبية والقضايا المشتقة منه استدلالياً . ومن الصعب تفنيد او تكذيب مثل هذه القوانين والاسس ، لذلك فان معظم النظريات التي تضم مثل هذه القوانين تبقى فترة طويلة من الزمن ، وقد تضاف اليها فروع وقوانين اخرى جديدة .

(١٣) رد فريجه علم الحساب الى المنطق في كتابه الذي يقع في جزئين وهو :
**Frege, G., Die Grundgesetze der Arithmetik**

صدر الجزء الاول سنة ١٨٩٣ ، وصدر الجزء الثاني سنة ١٩٠٣ . ورد رسل وواتيهيد الرياضيات وليس علم الحساب وحده الى المنطق في كتابهما الذائع الصيت : « اصول الرياضة **Principia Mathematica** الذي يقع في ثلاثة اجزاء صدر الجزء الاول سنة ١٩١٠ وصدر الجزء الثاني ١٩١٢ وصدر الجزء الثالث سنة ١٩١٣ .

(١٤) اذا تصفحنا تاريخ الفلسفة نجد اختلافات واسعة في مسألة طبيعة القضية الفيزياوية والقضية الرياضية ، فمنهم من اخذ بالمذهب التجريبي واحتساب القضية الرياضية تجريبية اسوة بالقضية الفيزياوية ، ومنهم من اخذ بالمذهب العقلي فوجد ان القضية الرياضية تحليلية قبلية **Apriori** ، والقضية الفيزياوية تركيبية بعدية **Aposteriori** ، ومنهم من وزع القضايا الى اربعة اصناف : قضايا تحليلية قبلية **Analytic Aprioi** ، وقضايا تحليلية بعدية **Analytic Aposteriori** ، وقضايا تركيبية قبلية **Synthetic Apriori** ، وقضايا تركيبية بعدية **Synthetic Aposteriori** ، فجعل قضايا الرياضيات تركيبية قبلية وقضايا التجربة تركيبية بعدية . ولكننا اخذنا بتحليل التجريبية المنطقية التي تجعل من قضايا الرياضيات صادقة بالفرض او بالبرهان وهي تحليلية ، وقضايا الفيزياء صادقة او كاذبة تجريبياً وهي تركيبية .

(١٥) حلل ارسطو العلم البرهاني في مخلفاته المنطقية التي يشتمل عليها كتاب الاورغانون Organon وفصل القول في البرهان وما يستلزمه العلم البرهاني والعناصر التي يتكون منها بعد ان صاغ نظرية منطقية استدلالية معروفة بنظرية القياس Syllogism .

(١٦) لمبدأ البساطة في الفيزياء معنيان . يطلب المعنى الاول بان يختار المرء أبنية المفاهيم ما امكنه بسيطة مقابل الوقائع ، وهذه البساطة ليست عن مكانة النظرية بالنسبة للواقع . بل تحتوي فقط على شرط تطبيقي ؛ وهذا الشرط يهتم بالجانب الاقتصادي ( او بالناحية التي تهتم بالاقتصاد في الفكر ) ، والمعنى الثاني يظهر مبدأ البساطة في الاستقراء المنطقي ، حيث يطرح المرء ابسط منحنى من خلال سلسلة النقاط المقاسة ( انظر :

Reichenbach, H., Axiomatik der relativististischen Raum - Zeit Lehre ( Braunschweig 1965 ) p : 9

(١٧) ان التعريفات المشار اليها هي التعريفات الواضحة التي تشترط ان يكون الطرف الايمن فيها وهو الطرف المراد تعريفه مساوياً في المعنى للطرف الايسر المعرِّف وبحيث يمكن استبدال احدهما بالاخر في البرهان ، ومن الامثلة مانجده في الرياضيات وفي المنطق الرياضي ، وقد سار رسل في كتابه ، « اصول الرياضة » بهذا الاتجاه .

(١٨) هذا هو معيار الصدق في المنطق والذي بمقتضاه ننتقل من مقدمة الى نتيجة بمساعدة قاعدة استنتاجية تسمح باستنتاج قضية صادقة من مقدمة صادقة . ويحكم هذا المعيار العملية البرهانية جميعها حتى الحصول على النتيجة التي يستهدفها البرهان .

(١٩) هي الهندسة التي تخلو فيها الخطوط المستقيمة وتتعامل مع المنحنيات فلا نجد على سبيل المثال مثلثاً مجموع زواياه ١٨٠ درجة ، بل نجد مثلثات مجموع زواياها اكثر من ١٨٠ درجة . واذا كان الكون في

هندسة اقليدس مسطحاً وغير محدود ، فان الكون في هندسة ريمان كروي ومحدود .

(٢٠) هذه العبارة تتطابق مع ما جاء في الهامش رقم ٥ وهي لا تختلف عن تمييز الفليسوف الرياضي جو تفريد فلهلم لايبنتز ( ١٦٤٦ – ١٧١٦ ) بين الحقائق العقلية والحقائق الواقعية ، حيث يرى في الاولى انها يقينية وصادقة وضرورية ، بينما الثانية احتمالية وممكنة وليست ضرورية .

(٢١) ان المشكلة التي واجهها عند تحليله لعلم الهندسة هي : ان صدق النتائج يعتمد على صدق المقدمات ، ولكن ماهي الضمانة المنطقية او الفلسفية التي تجعلنا نعتقد بصدق المبادئ الهندسية ؟ تناول افلاطون هذه المشكلة في كتاب الجمهورية ، وتوصل الى حلها بالطريقة الآتية :

ان الاستدلال الهندسي لايخلو من المحسوس ، وهذا معناه : ان المبادئ الهندسية لم تكن بمعزل عن آثار المحسوسات ، وان افتراض صدقها غير مقنع فبناءً على ذلك يجب البحث عن اثبات صدقها باتخاذ المبادئ نقاط ارتكاز نردها الى عالم الحقائق وهو عالم بعيد عن المحسوسات ، وان المفاهيم فيه صورية بحتة يترابط بعضها مع بعض ، وهي ثابتة وابدية لايعتريها التغير ، اذ فيها المثلث بالذات والمربع بالذات وهكذا جميع المفاهيم الهندسية . ولما كانت حقائق هذا العالم وهو عالم المثل صادقة فمن الضروري ان تكون المبادئ الهندسية صادقة من خلال عملية الرد المنطقي .

(٢٢) نشر هلبرت كتابه « اسس الهندسة » Grundlagen der Geometrie سنة ١٨٩٩ ، واقام بناء هندسة اقليدس المستوية بالطريقة البديهية الجديدة ، فجعل بديهيات للترابط ، واخرى للترتيب ، واخرى للتطابق ، وبديهية التوازي ، وبديهيات الاستمرارية وهكذا .

(٢٣) يعود الفضل الى هلبرت في تثبيت هذه الشروط : انظر :

Kropp, G., Vorlesungen über Geschichte der Mathematik p : 79
Bibliographisches Institut. Mannheim / Zürich 1969.

24 ) Ibid., p : 80.

(٢٥) بدأ الاعتقاد بالسببية في الفيزياء يتزعزع بفضل ما توصل اليه فيريز هايزنبرع من نتائج علمية تعزز مبدأ اللادقة Ungenauigkeits prinzip الذي ينص على : انه من المستحيل تعيين معاً الموضع والزخم لجسيم ( متل الالكترون ) بدقة وفي آن واحد ، فاذا عرف الموضع باكثر دقة ، فان الزخم يمكن تعيينه بدقة أقل . ( انظر التعريف تحت عنوان

Uncertainty principle

Uvarov, E. B. & Chapman, D. R., A Dictionary of Science p : 224
[ Penguin Books 1954 ].

(٢٦) استخدام هانس رايخنباخ الطريقة البديهية لبناء نظرية المكان – الزمان النسبية في كتابه

Reichenbach, H., Axiomatik der relativistischen Raum - Zeit - Lehre.

وقد قسم كتابه الى قسمين : تناول في القسم الاول النظرية النسبية الخاصة ، وتناول في القسم الثاني النظرية النسبية العامة : فخص القسم الاول بمجموعة من البديهيات واعتبارات نقدية ، بينما خص القسم الثاني بمجموعة اخرى من البديهيات وصفات تكاملية .

(٢٧) انظر كتاب برجمان الرئيس :

Bridgman, P. W., The Logic of Modern Physics
[ The Macmillan Co. New York, 1927 ] .